

ИЗВЕШТАЈА О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
КАНДИДАТА МР АЛЕКСАНДРЕ КЛАШЊА-МИЛИЋЕВИЋ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none">1. Датум и орган који је именовео комисију 18. октобар 2012. године, Научно-наставно веће Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:<ul style="list-style-type: none">– др Зоран Будимац, редовни професор, <i>Рачунарство, рачунарске науке и информатика</i>, 15. 6. 2004. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – председник– др Мирјана Ивановић, редовни професор, <i>Рачунарство, рачунарске науке и информатика</i>, 29. 04. 2002. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – ментор– др Драган Јанковић, редовни професор, <i>Рачунарство и информатика</i>, 22. 6. 2006. године, Електронски факултет, Катедра за рачунарство, Универзитет у Нишу – члан– др Елвира Попеску, доцент, <i>Рачунарске науке и информационе технологије</i>, 1. 10. 2009. године, Факултет за аутоматику, рачунарство и електронику, Департман за рачунарство и информационе технологије, Универзитет у Крајови, Румунија – члан
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none">1. Име, име једног родитеља, презиме: Александра (Ђорђе) Клашња-Милићевић2. Датум и место рођења, општина, република: 06. 06. 1977. године, Бачка Топола, Бачка Топола, Србија3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе: 31. 05. 2007. године, Нови Сад, „Дизајн и имплементација електронске продавнице књига“4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Информатичке науке
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
Personalized Recommendation Based on Collaborative Tagging Techniques for an e-Learning System (Персонализација процеса електронског учења применом система за генерисање препорука заснованог на техникама колаборативног таговања)
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.
Докторска дисертација има 148 страна, 6 поглавља која су организована у три дела, 57 слика, 26 табела и 224 библиографских референци. Дисертација је структурирана на следећи начин: Part I: Preliminaries (Део I: Прелиминарна излагања) Chapter 1: Introduction (Поглавље 1: Увод) Chapter 2: Recommender Systems, Folksonomy and Tag-based Recommender Systems (Поглавље 2: Системи за генерисање препорука, фолксономије и системи за генерисање препорука заснованих на техникама колаборативног таговања) Part II: Personalized Recommendation for a Programming Tutoring System (Део II: Персонализација програмерског туторског система применом система за генерисање препорука) Chapter 3: Recommender Systems in E-learning Environments (Поглавље 3: Примена система за генерисање препорука у процесу електронског учења) Chapter 4: Design, Architecture and Interface of Protus System (Поглавље 4: Дизајн, архитектура и интерфејс Протус система) Part III: Evaluation and Discussions (Део III: Евалуација система и дискусија) Chapter 5: Experimental Research (Поглавље 5: Експериментална истраживања) Chapter 6: Conclusions and Future Directions (Поглавље 6: Закључци и правци даљег истраживања) Истраживање дисертације је усмерено на анализу и дефинисање модела за одабир тагова који откривају склоности и особине корисника потребне за генерисање персонализованих препорука и могућности примене тако добијених модела за персонализацију интелигентног програмерског туторског система (Протус). Истраживање је обухватило правилан избор техника колаборативног таговања чијом се

применом постижу најбољи резултати у погледу повећања мотивације у процесу учења, стицања знања и разумевања градива. Добијене су персонализоване и квалитетно одабране препоруке које су у складу са корисниковим интересовањима, његовим стилем учења и претходно стеченим знањем.

Дисертација је организована у три дела. *Део I: Прелиминарна излагања*, који укључује прва два поглавља дисертације, даје увид у мотивацију и циљеве проучаване у приказаном истраживању и пружа преглед техника као испомоћ у разумевању материјала који следи. У поглављу 2 детаљно су описани системи за генерисање препорука и технике које они најчешће користе: *content-based*, *collaborative filtering*, *hybrid approach*, *memory-based* и *model-based* као и модели и технике колаборативног таговања које се користе при генерисању препорука.

Део II: Персонализација програмерског турског система применом система за генерисање препорука, који садржи поглавља 3 и 4, обухвата најважније захтеве које морају да испуне системи за генерисање препорука у области електронског учења као и дизајн, архитектуру и интерфејс Протус система. Подпоглавље 3.1 описује најважније захтеве дизајнирања система за генерисање препорука у области електронског учења. Подпоглавље 3.2 проучава традиционалне технике за генерисање препорука: *collaborative filtering*, *content-based* и *association rule mining*, и анализира њихове недостатке. Могућности примене техника колаборативног таговања (*collaborative tagging techniques*) интегрисаних у системе за генерисање препорука у процесу електронског учења приказане су у подпоглављу 3.3. Преглед литературе из стручне области дат је у подпоглављу 4.1. У поглављу 4.2 прво је приказана архитектура програмерског турског система – Протус, а потом је детаљно описан модул за генерисање препорука као и сам процес персонализације. Интерфејс Протус система описан је у подпоглављу 4.3.

Део III: Евалуација система и дискусија, који садржи поглавља 5 и 6, приказује резултате добијене евалуацијом система. Поголавље 5 садржи седам подпоглавља. Дефиниција употребљених података дата је у подпоглављу 5.1. Док је процес кластеровања описан у подпоглављу 5.2. Статистичке карактеристике процеса таговања анализирани су у подпоглављу 5.3. У поглављу 5.4 приказани су експериментални протоколи и експерименталне метрике који су коришћени у експерименталним истраживањима. Експериментални резултати добијени поређењем селектованих алгоритама приказани су у подпоглављу 5.5. Док су резултати добијени анализом сета тагова који су генерисали експерти дати у подпоглављу 5.6. Подпоглавље 5.7 валоризује Протус систем са едукационе тачке гледишта. На крају, поглавље 6 закључује дисертацију, сумирајући резултате, доприносе и представљајући могућности за даља истраживања.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Дисертација у целини, као и њени поједини делови имају добро систематизовану структуру и план излагања. Први део дисертације, који укључује поглавља 1 и 2, представља уводни део дисертације који је добро организован и садржи детаљан преглед релевантне литературе и све чињенице и дефиниције потребне за разумевање осталог садржаја дисертације.

У другом делу, који обухвата поглавља 3 и 4, приказани су најважнији захтеви дизајна система за препоруку у области електронског учења, као и дизајн, архитектура и интерфејс програмерског турског система. У трећем делу, који укључује поглавља 5 и 6, приказани су резултати ове докторске дисертације. Проблематика истраживања је јасно формулисана и мотивисана, док су резултати изложени прецизно и систематично.

Шесто поглавље заокружује закључке дисертације и представља могућности за даљи ток истраживања.

Кандидат је добро систематизовао постојеће радове на овом пољу, док је својим резултатима дао оригиналан допринос области рачунарских наука. Тиме је он у потпуности реализовао постављене циљеве дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

1. Klašnja-Milićević, A., Vesin, B., Ivanović, M., Budimac, Z.: E-Learning Personalization Based on Hybrid Recommendation Strategy and Learning Style identification, *Computers & Education*, Volume 56, Issue 3, pp. 885-899, April 2011, Elsevier (M21)
2. Klašnja-Milićević A., Nanopoulos A., Ivanović M.: Social tagging in recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions. *Artificial Intelligence Review* 33(3): pp. 187-209, 2010. Springer (M23)
3. Klašnja-Milićević A., Vesin B., Ivanović M., Budimac Z., Integration of recommendations and adaptive hypermedia into java tutoring system, *Computer Science and Information Systems - ComSIS*, Volume 8, Number 1, pp. 211-224, 2011. (M23)
4. Vesin B., Klašnja-Milićević A., Ivanović M., Budimac Z., Applying Recommender Systems and Adaptive

- Hypermedia for e-Learning Personalization, Computing and Informatics, Volume 31, Number 4, 2012, accepted (M23)
5. Klačnja-Milićević A., Vesin B., Ivanović M., Budimac Z. Personalisation of Programming Tutoring System Using Tag-based Recommender Systems, 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Rome, July 4-6, DOI 10.1109/ICALT.2012.125, 2012, pp. 666-667 (M33)
 6. Klačnja-Milićević A., Ivanović M., Nanopoulos A.: The Use of Nonlinear Manifold Learning in Recommender Systems, In Proc. of The International Conference on Information Technology (ICIT 2009), Amman, Jordan, 2-6 June, 2009, CD proceedings, paper no. 525. (M33)
 7. Klačnja-Milićević A., Vesin B., Ivanović M., Budimac Z., Integration of Recommendations into Java Tutoring System, In Proc. of The International Conference on Information Technology (ICIT 2009), Amman, Jordan, 2-6 June, 2009, CD proceedings, paper no. 524. (M33)
 8. Vesin B., Ivanović M., Klačnja-Milićević A., Budimac Z., Rule-based Reasoning for Building Learner Model in Programming Tutoring System, H. Leung et al. (Eds.): ICWL 2011, LNCS 7048, Springer, Heidelberg, 2011. pp. 154-163. (M33)
 9. Vesin, B., Klačnja-Milićević, A., Ivanović, M., Budimac, Z., Ontology-Based Architecture for Providing Recommendation in Java Tutoring System, In Proc. of 5th International Conference on Information Technology ICIT 2011, Amman, Jordan, paper no. 538, May 11 th - 13 th , 2011. ISBN: 9957-8583-0-0, (M33)
 10. Vesin B., Ivanović M., Klačnja-Milićević A., Budimac Z., Rule-based Reasoning for Altering Pattern Navigation in Programming Tutoring System, 15th international conference on System theory, Control and Computing, October 14-16, Sinaia, Romania, 2011., pp. 644-649, (M33)
 11. Budimac Z., Ivanović M., Putnik Z., Komlenov Ž., Pribela I., Klačnja – Milićević A., Vesin B.: E-Learning at the Department of Mathematics and Informatics – From the First Steps to Elements of Web 2.0, Elektronsko učenje na putu znanja, Beograd, 2010. pp. 84-89. (M63)

VII ZAKЉUČICI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Научни резултати дисертације могу се сагледати у оквирима праваца истраживања приказаним у деловима II и III. Прво, у тези је приказана адаптација програмерског турског система (Протус) стиловима учења на основу резултата добијених обрадом упитника који попуњавају ученици. Потом су оцењене статистичке карактеристике процеса таговања. Проучене су активности таговања ученика и анализирана је ентропија тагова, као мера специфичности, која указује на општост појмова ако је висока и на њихову специфичност ако је ниска. Истраживање је показало да ученици на почетку процеса таговања користе општије појмове, а временом почињу да употребљавају појмове који су специфичнији за одређене теме. Семантичком анализом тагова уочено је да се најчешће користе персонални и субјективни тагови.

Најзначајнији део истраживања обухвата одабир техника колаборативног таговања чијом би се применом постигли најбољи резултати у погледу повећања мотивације у процесу учења, стицања знања и разумевања градива. Генерисане препоруке су персонализоване и квалитетно одабране тако да су у складу са корисниковим интересовањима, његовим стилем учења, и претходно стеченим знањем. У истраживањима које је обухватила дисертација, прво је направљено поређење једноставних метода заснованих на најпопуларнијим таговима (*Most Popular Tags*), специфичним приступима за побољшање перформанси тих метода као и адаптиране технике колаборативног филтрирања заснованог на таговима. Сви алгоритми показали су значајно боље резултате у односу на најједноставнију препоруку најпопуларнијих тагова. Међутим, увођење комбиноване технике са ρ фактором (вредности 0,6) у основни модел препоруке најпопуларнијих тагова даје боље резултате од *CF* технике.

Потом су анализиране технике засноване на графовима, *Adapted PageRank* и *FolkRank*, као и технике засноване на тензорима, *HOSVD* и *RTF*. У поређењу квалитета препорука, *FolkRank* пружа знатно боље резултате од *CF* и *Adapted PageRank* технике јер има способност да искористи информације које одговарају специфичним особинама корисника и употреби интегрисане структуре основног хиперграфа. Техника *FolkRank* постиже добре резултате, јер није потребна обука приликом постављања новог корисника, нових тагова или нових објеката у систем. Међутим, израчунавања су скупа и тешко се постиже скалабилност, тако да је његово оптимално коришћење могуће у системима у којима препоруке у реалном времену нису неопходан услов. Методе које су засноване на тензорима, такође користе тернарни однос величина у фолксономији. Иако фаза реконструкције тензора може бити скупа, она не мора да се реализује преко Интернета, што овим техникама омогућава ефикасну употребу у генерисању препорука у реалном времену. Поређење *HOSVD* технике и неколико типова *RTF* техника са различитим бројем параметара указало је на израженију ефикасност *RTF* метода чак и са нижим бројем параметара.

Експериментална истраживања обухватила су и оцену перформанси система са аспекта ученика и

ментора. Ментори су били мотивисани могућностима које им систем пружа у погледу припреме и модификације материјала за учење, и размене информација са осталим менторима и експертима из области. Међутим, ментори сматрају да је креирање базе знања ипак тежак задатак. Експериментално истраживање значаја система у погледу ефикасности, ефективности и атрактивности за ученика реализовано је на експерименталној и контролној групи ученика. Добијени експериментални резултати показали су да ученици који користе Протус систем постижу боље резултате него ученици који су за учење користили претходну верзију система, како у погледу количине обрађеног материјала тако и у погледу утрошеног времена. На основу обраде упитника за субјективну процену квалитета система који су попунили само ученици експерименталне групе, може се закључити:

1. Креирање тагова за ученика је једноставан процес.

2. Активности таговања могу да помогну ученицима у разумевању нових структура и концепата, као и да их подстакну на креирање сопствених идеја.

3. Персонализоване препоруке које пружа Протус систем омогућавају ученику проналажење релевантних активности у процесу учења које одговарају његовом профилу, стилу учења и нивоу знања, што поспешује његову мотивацију за учењем и омогућава му да реализује своје активности учења на најефикаснији начин.

4. Ученици сматрају да је Протус систем једноставан за употребу.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Приказ свих резултата истраживања је добро организован по логичким целинама, а формулација резултата је прецизна и добро илустрована на примерима. Тумачење добијених резултата је коректно изведено, уз детаљну анализу која пружа одговоре на велики број питања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Увидом у образложење наведено у пријави теме се може утврдити да је дисертација написана у складу са програмом истраживања наведеним у пријави теме и да су добијени резултати који су предвиђени у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе. Дат је опширан увод у теорију и технике које служе као полазна основа за резултате добијене у каснијим поглављима. Изложени су сви битни познати резултати на које се дисертација ослања. Детаљан приказ резултата добијених у овој докторској дисертацији дат је у каснијим поглављима. Обиман списак библиографских референци садржи релевантне радове и сведочи о добром познавању области. Дисертација је прегледна и добро организована.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

У оригиналне доприносе дисертације спадају:

- карактеризација ефеката интеграције тагова у системе за генерисање препорука,
- упоредни приказ техника колаборативног таговања које користе системи за препоруку, њихових недостатака и могућности проширења и унапређења,
- класификација и систематизација описаних техника колаборативног таговања у персонализацији система за електронско учење,
- предлог иновативног приступа за побољшање техника факторизације тензора које се могу успешно користити за процес препоруке тагова
- практична употреба компоненте за генерисање препорука која препознаје различите типове стилова учења и користи технике колаборативног таговања у турском систему који се прилагођава интересовањима и нивоу знања ученика у области програмских језика и
- експериментални резултати упоредне анализе техника колаборативног таговања примењених у турском систему за учење програмског језика Јава.

Сви наведени доприноси представљају помаке у одговарајућим информатичким дисциплинама, па и шире, јер дају важне увиде у могућности примене описаних техника у персонализацији система за електронско учење, предлажу задовољавајућа решења идентификованих проблема, и стварају бројне могућности за будућа истраживања.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Дисертација нема недостатака.

X ПРЕДЛОГ

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже да се докторска дисертација под називом „Personalized Recommendation Based on Collaborative Tagging Techniques for an e-Learning System“ (Персонализација процеса електронског учења применом система за генерисање препорука заснованог на техникама колаборативног таговања) кандидата мр Александре Клашња-Милићевић прихвати, а кандидату одобри јавна одбрана дисертације.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Зоран Будимац, редовни професор, председник

др Мирјана Ивановић, редовни професор, ментор

др Драган Јанковић, редовни професор, члан

др Елвира Попеску, доцент, члан